

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-209891  
(P2000-209891A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 2 P 6/20

H 0 2 P 6/02

3 7 1 B

5 H 5 6 0

F 0 2 N 11/04

F 0 2 N 11/04

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願平11-4410

(22) 出願日

平成11年1月11日 (1999.1.11)

(71) 出願人 000001340

国産電機株式会社

静岡県沼津市大岡3744番地

(72) 発明者 中川 昌紀

静岡県沼津市大岡3744番地 国産電機株式  
会社内

(72) 発明者 稲葉 豊

静岡県沼津市大岡3744番地 国産電機株式  
会社内

(74) 代理人 100073450

弁理士 松本 英俊 (外1名)

Fターム(参考) 5H560 AA10 BB04 BB07 BB12 DA02

DA19 EB01 EC02 HA02 TT01

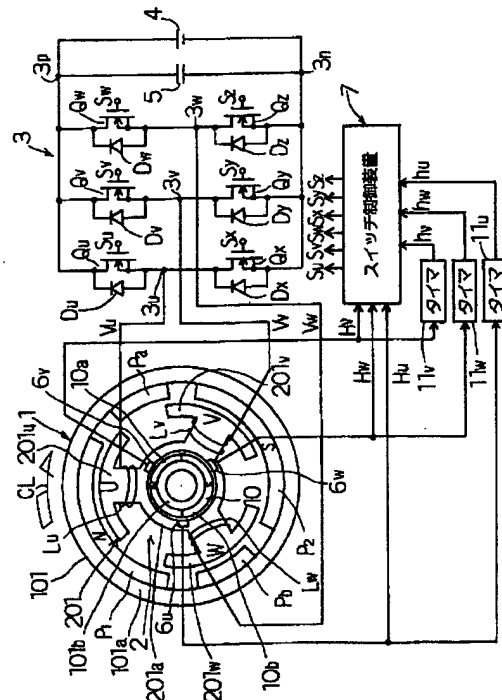
UA05 XA05

(54) 【発明の名称】 内燃機関用スタータジェネレータ

(57) 【要約】

【課題】 始動用電動機としての性能及び発電機としての性能を共に向上させることができる内燃機関用スタータジェネレータを提供する。

【解決手段】 機関の出力軸に取り付けた磁石回転子1に、永久磁石からなる主極P1、P2と、高透磁率の材料からなる補極Pa、Pbとを交互に設ける。機関の始動時には、各主極と各主極よりも進み側に位置する補極とを1つの回転子磁極として、バッテリー4からインバータ回路3を通して電機子コイルLu~Lwに駆動電流を流すことにより電動機として動作させる。機関が始動した後は、各主極と各主極よりも遅れ側に位置する補極とを1つの回転子磁極とし、バッテリー4からインバータ回路3を通して電機子コイルに制御電流を流しつつ磁石発電機として運転して、バッテリー4を充電するための出力を発生させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2m個（mは1以上の整数）の回転子磁極を有する磁石界磁を備えて内燃機関のクランク軸に取り付けられる磁石回転子と、周方向に並ぶ多数の歯部を有する電機子鉄心と該電機子鉄心の歯部に巻回されてn相回路（nは2以上の整数）を構成するように結線されたコイル群からなるn相の電機子コイルとを有して前記電機子鉄心の各歯部の先端に前記回転子磁極に対向する固定子磁極が形成された固定子とからなる回転電機と、n相ブリッジ接続された2n個のオンオフ制御が可能なスイッチ素子からなるスイッチ回路と前記2n個のスイッチ素子のそれぞれに逆並列接続された2n個のダイオードにより構成されたn相ダイオードブリッジ全波整流回路とを備えて、該全波整流回路の直流側の対の端子がバッテリーの両端に接続され、該全波整流回路の交流側のn個の端子が前記n相の電機子コイルから引き出されたn個の端子にそれぞれ接続されたインバータ回路と、前記バッテリーから前記インバータ回路のスイッチ素子を通して前記n相の電機子コイルに所定の相順で転流する駆動電流を流すように前記インバータ回路のスイッチ素子を制御するインバータ制御装置とを備え、前記内燃機関の始動時には前記回転電機を電動機として動作させて前記内燃機関を始動させる方向に前記磁石回転子を回転させ、前記内燃機関が始動した後は前記回転電機を磁石発電機として動作させて前記n相の電機子コイルの誘起電圧で前記全波整流回路を通して前記バッテリーに充電電流を流す内燃機関用スタータジェネレータにおいて、前記磁石回転子の磁石界磁は、所定の極弧角を有する2m個の円弧状永久磁石からなる主極と、前記主極よりも極弧角が小さく、かつ前記主極を構成する永久磁石よりも透磁率が高い円弧状強磁性材料からなる2m個の補極とからなっていて、各主極の両側に補極が1つずつ対称に配置されるように前記主極と補極とが周方向に交互に配置された構成を有し、前記インバータ制御装置は、前記回転電機を電動機として動作させる際には、前記磁石回転子の各主極と各主極よりも磁石回転子の回転方向の進み側に位置する隣接の1つの補極とを電動機用回転子磁極として、機関を始動させる方向に前記磁石回転子を回転させるべく、前記電動機用回転子磁極の幾何学的中心位置と各相の電機子コイルが巻回されている前記電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置に設定された電動機用基準励磁相切替位置または該電動機用基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する電動機用励磁相切替位置で前記n相の電機子コイルの励磁相を切り換えつつ前記バッテリーから前記インバータ回路を通して前記n相の電機子コイルに所定の相順で転流する駆動電流を流すように前記インバータ回路のスイッチ素子を制御し、前記回転電機を磁石発電機と

して動作させる際には、前記磁石回転子の各主極と各主極よりも前記回転方向の遅れ側に位置する隣接の1つの補極とを1つの発電機用回転子磁極として、前記発電機用回転子磁極の幾何学的中心位置と各相の電機子コイルが巻回されている前記電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置に設定された発電機用基準励磁相切替位置または該発電機用基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する発電機用励磁相切替位置で励磁相を切り替えつつ前記バッテリーから前記インバータ回路を通して前記電機子コイルに所定の相順で転流する制御電流を流すべく、前記インバータ回路のスイッチ素子を制御するように構成されていることを特徴とする内燃機関用スタータジェネレータ。

【請求項2】 2m個（mは1以上の整数）の回転子磁極を有する磁石界磁を備えて内燃機関のクランク軸に取り付けられる磁石回転子と、周方向に並ぶ多数の歯部を有する電機子鉄心と該電機子鉄心の歯部に巻回されてn相回路（nは2以上の整数）を構成するように結線されたコイル群からなるn相の電機子コイルとを有して前記電機子鉄心の歯部の先端に前記回転子磁極に対向する固定子磁極が形成された固定子とからなる回転電機と、n相ブリッジ接続された2n個のオンオフ制御が可能なスイッチ素子からなるスイッチ回路と前記2n個のスイッチ素子のそれぞれに逆並列接続された2n個のダイオードにより構成されたn相ダイオードブリッジ全波整流回路とを備えて、該全波整流回路の直流側の対の端子がバッテリーの両端に接続され、該全波整流回路の交流側のn個の端子が前記n相の電機子コイルから引き出されたn個の端子にそれぞれ接続されたインバータ回路と、前記バッテリーから前記インバータ回路のスイッチ素子を通して前記n相の電機子コイルに所定の相順で転流する駆動電流を流すように前記インバータ回路のスイッチ素子を制御するインバータ制御装置とを備え、前記内燃機関の始動時には前記回転電機を電動機として動作させて前記内燃機関を始動させる方向に前記磁石回転子を回転させ、前記内燃機関が始動した後は前記回転電機を磁石発電機として動作させて前記n相の電機子コイルの誘起電圧で前記全波整流回路を通して前記バッテリーに充電電流を流す内燃機関用スタータジェネレータにおいて、前記磁石回転子の磁石界磁は、所定の極弧角を有する2m個の円弧状永久磁石からなる主極と、前記主極よりも極弧角が小さく、かつ前記主極を構成する永久磁石よりも透磁率が高い円弧状強磁性材料からなる2m個の補極とからなっていて、各主極の両側に補極が1つずつ対称に配置されるように前記主極と補極とが周方向に交互に配置された構成を有し、前記インバータ制御装置は、前記回転電機を電動機として動作させる際には前記磁石

回転子の各主極と各主極よりも磁石回転子の回転方向の進み側に位置する隣接の1つの補極とを電動機用回転子磁極として各電動機用回転子磁極の幾何学的中心位置と前記各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置を各相の電動機用基準励磁相切替位置として検出し、前記回転電機を磁石発電機として動作させる際には、前記磁石回転子の各主極と各主極よりも前記回転方向の遅れ側に位置する隣接の1つの補極とを1つの発電機用回転子磁極として各発電機用回転子磁極の幾何学的中心位置と前記各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置を各相の発電機用基準励磁相切替位置として検出して、前記電動機用基準励磁相切替位置の情報を含む各相の電動機用位置検出信号及び前記発電機用基準励磁相切替位置の情報を含む各相の発電機用位置検出信号を発生する位置検出装置と、前記内燃機関を始動させる際には前記内燃機関を始動させる方向に前記磁石回転子を回転させるために必要な極性の駆動電流をバッテリーから前記インバータ回路の所定のスイッチ素子を通して前記電機子コイルに流すべく前記各相の電動機用位置検出信号により検出される電動機用基準励磁相切替位置または該基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する電動機用励磁相切替位置で前記インバータ回路の所定のスイッチ素子に駆動信号を与え、前記内燃機関が始動した後は、前記電機子コイルの出力電圧対出力電流特性を所期の特性とするべく、前記発電機用位置検出信号により検出される発電機用基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する発電機用励磁相切替位置で前記インバータ回路の所定のスイッチ素子に駆動信号を与えるスイッチ制御装置と、を具備していることを特徴とする内燃機関用スタータジェネレータ。

【請求項3】前記インバータ制御装置は、前記磁石発電機として動作させる回転電機の出力を増大させる際には、各発電機用回転子磁極部の補極側の部分を通して流れる磁束を増加させるべく前記発電機用基準励磁相切替位置に対して遅れた位置を前記発電機用励磁相切替位置とし、前記磁石発電機として動作させる回転電機の出力を抑制する際には各発電機用回転子磁極部の補極側の部分を通して流れる磁束を減少させるべく前記発電機用基準励磁相切替位置に対して進んだ位置を前記発電機用励磁相切替位置とすることを特徴とする請求項1または2に記載の内燃機関用スタータジェネレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の始動時には始動用電動機及び発電機として働き、内燃機関の始動後は発電機として働く内燃機関用スタータジェネレー

タ（内燃機関始動用電動機兼発電装置）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】内燃機関には、機関を運転するために必須の電装品負荷（例えば内燃機関用点火装置や燃料噴射装置等）を駆動したり、ランプ負荷やバッテリーなどの随時駆動負荷に電力を供給したりするために磁石発電機が取り付けられる。一般に用いられている磁石発電機は、機関のクランク軸に取り付けられたフライホイール磁石回転子と、電機子鉄心に電機子コイルを巻装して構成した固定子とにより構成される。

【0003】フライホイール磁石回転子の周壁部の外周にはリングギアが固定され、機関のケースには機関始動用電動機が取り付けられている。電動機の出力軸にはピニオンギアが取り付けられ、電動機が駆動されたときにピニオンギアが前方に飛び出してリングギアに噛み合うようになっている。

【0004】固定子に設けられた発電コイルは、内燃機関用の点火装置を駆動するための電圧を発生する点火装置駆動コイルを含んでいて、電動機が駆動されたときにピニオンギアがリングギアに噛み合って磁石回転子を回転させることにより機関のクランク軸を回転させるとともに、磁石回転子の回転に伴って固定子に設けられた点火装置駆動コイルに誘起する電圧で点火装置を動作させることにより内燃機関を始動させる。

【0005】上記のように、従来の内燃機関では、機関を始動するためにフライホイールの外周にリングギアを取り付けるとともに、始動用電動機を設ける必要があったため、機関の構造が複雑になるのを避けられなかった。

【0006】そこで、機関のクランク軸に取り付けた磁石発電機を、機関の始動時にブラシレス直流電動機として動作させることにより、始動用電動機を省略することが提案されている。このような使い方を磁石発電機をスタータジェネレータと呼んでいる。

【0007】図15は、既提案のこの種のジェネレータの構成と、該ジェネレータの負荷回路とを示したもので、同図において1'は内燃機関の出力軸に取り付けられたフライホイール101と該フライホイール101の周壁部の内周に取り付けられた円弧状の永久磁石M1及びM2とにより構成されたフライホイール磁石回転子、2は3極の電機子鉄心201の歯部201u～201wにそれぞれ3相の電機子コイルLu～Lwが巻回された固定子であり、磁石回転子1'及び固定子2により発電機及び電動機の双方として機能する回転電機が構成されている。

【0008】永久磁石M1及びM2はそれぞれの内周側にN極及びS極が現れるようにそれぞれの磁化の方向を異ならせて回転子の径方向に着磁されている。

【0009】電機子コイルLu～Lwは3相星形結線さ

れて、3相ブリッジ接続された6個のオンオフ制御が可能なスイッチ素子 $Q_u \sim Q_w$ 及び $Q_x \sim Q_z$ と、これらのスイッチ素子にそれぞれ逆並列接続されたダイオード $D_u \sim D_w$ 及び $D_x \sim D_z$ とからなるインバータ回路3の交流側端子に接続され、インバータ回路3の直流側端子間にバッテリー4と平滑用コンデンサ4とが接続されている。

【0010】図示のインバータ回路3においては、各スイッチ素子がMOSFETからなっていて、ブリッジ接続されたスイッチ素子 $Q_u \sim Q_w$ 及び $Q_x \sim Q_z$ により、バッテリー4から電機子コイル $L_u \sim L_w$ に所定の相順で転流する駆動電流を流すスイッチ回路が構成され、ダイオード $D_u \sim D_w$ 及び $D_x \sim D_z$ により、電機子コイル $L_u \sim L_w$ から得られる3相交流電圧を整流してバッテリー4に印加するダイオードブリッジ全波整流回路が構成されている。バッテリー4には、内燃機関用点火装置や、ランプなどの図示しない負荷が接続される。

【0011】図15に示した回転電機をブラシレス直流電動機として動作させる際の励磁パターンを決めるため、固定子2側には、U相ないしW相のそれぞれの電機子コイルに対して磁石回転子の回転角度位置を検出する位置検出器6u~6wが設けられている。位置検出器6u~6wはホールICなどの磁気センサからなっていて、U相の電機子コイルに対して設けられた位置検出器6uはU相の電機子コイル $L_u$ に対して電気角で90度位相が進んだ位置で磁石回転子1'の磁極を検出することにより、U相の位置検出信号Huを発生する。またV相の電機子コイル $L_v$ 及びW相の電機子コイル $L_w$ に対してそれぞれ設けられた位置検出器6v及び6wはそれぞれV相の電機子コイル $L_v$ 及びW相の電機子コイル $L_w$ に対して電気角で90度位相が進んだ位置で磁石回転子の磁極を検出することにより、V相の位置検出信号Hv及びW相の位置検出信号Hwを出力する。

【0012】上記位置検出信号Hu~Hwはスイッチ制御装置7に入力されている。スイッチ制御装置7は、機関の始動時に磁石回転子1'の回転角度位置に応じてバッテリー4から電機子コイル $L_u \sim L_w$ に所定の相順で転流する駆動電流が流れるように、インバータ回路3のスイッチ素子 $Q_u \sim Q_w$ 及び $Q_x \sim Q_z$ にそれぞれ駆動信号Su~Sw及びSx~Szを所定のタイミングで与えて、図示の回転電機をブラシレス直流電動機として動作させ、これにより機関のクランク軸を回転させて機関を始動させる。

【0013】機関が始動した後は、図示の回転電機を磁石発電機として動作させて、電機子コイル $L_u \sim L_w$ に誘起する3相交流電圧をダイオード $D_u \sim D_w$ 及び $D_x \sim D_z$ からなる全波整流回路により整流してバッテリー4に印加する。

【0014】上記の例では、3相の電機子コイルが設けられる場合を例にとったが、一般に、n相(nは2以上

の整数)の電機子コイルが設けられている場合、位置検出装置は、各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の磁極部の中心位置と磁石回転子の各磁極の中心位置との間の位置関係が予め設定された関係になる位置を各相の基準励磁相切替位置として検出して、基準励磁相切替位置の情報を含む信号を各相の位置検出信号として発生する。またスイッチ制御装置は、内燃機関の始動時に内燃機関を始動させる方向に磁石回転子を回転させるために必要な極性の駆動電流をバッテリーからインバータ回路の所定のスイッチ素子を通して電機子コイルに流すべく各相の位置検出信号により検出される基準励磁相切替位置または該基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する励磁相切替位置でインバータ回路の所定のスイッチ素子に駆動信号を与える。

【0015】なお「制御位相角」は、位置検出装置により検出される基準励磁相切替位置と、実際の励磁相切替位置(駆動電流を流す電機子コイルの相を切り替える際の回転子の回転角度位置)との位相差であるが、本明細書においては、この制御位相角が正負の値をとり得るものとし、実際の励磁相切替位置が基準励磁相切替位置に対して進み側の位置となる場合に制御位相角を正とし、実際の励磁相切替位置が基準励磁相切替位置に対して遅れ側の位置となる場合に制御位相角を負とする。

【0016】なお3相以上のブラシレス直流電動機では、一度に2以上の相の電機子コイルを励磁して、回転子の位置に応じて、励磁相の組み合わせを順次切り替えていく。したがって、本発明に係わる回転電機が3相以上の多相の電機子コイルを有する場合、機関の始動時に機関始動用電動機として動作させる際の励磁相切替位置は、電機子コイルの励磁相の組み合わせを切り替える位置である。

【0017】上記基準励磁相切替位置は、回転電機の機械的構造により一義的に決まるものではなく、位置検出装置を構成する位置検出器の取付け位置により決まるものである。通常のブラシレス直流電動機では、各相の電機子コイルに流す駆動電流の通電角(電気角)に応じて、位置検出器の取付け位置を適当な位置に設定している。

【0018】例えば、各相の電機子コイルに駆動電流が流れた際に該電機子コイルに誘起する無負荷誘起電圧がピークに達する位置(各相の電機子コイルが巻回された歯部を流れる磁束が零点を通過する位置)の前後90度(電気角)の区間各相の電機子コイルに電流を流す180度スイッチング制御を行って電動機を回転させる場合には、各相の電機子コイルが巻回されている歯部の先端の磁極部の中心位置(周方向の中心)が回転子の磁石界磁の各磁極の中心位置に一致した時の回転子の回転角度位置を検出するように各相の位置検出信号を得るための位置検出器を取り付ける。

【0019】例えば、図15に示したように、U相ない

しW相の電機子コイルL<sub>u</sub>ないしL<sub>w</sub>が3つの歯部P<sub>u</sub>～P<sub>w</sub>に巻回されている場合に、ホールICからなる位置検出器6<sub>u</sub>ないし6<sub>w</sub>を用いて磁石回転子の磁極を検出することにより、U相ないしW相の位置検出信号を得る場合には、図示のように歯部201<sub>u</sub>ないし201<sub>w</sub>の磁極部の中心位置からそれぞれ90度位相が進んだ位置に位置検出器6<sub>u</sub>～6<sub>w</sub>を配置して磁石界磁の磁極を検出することにより、歯部201<sub>u</sub>～201<sub>w</sub>の先端の磁極部の中心位置に磁石界磁の各磁極の中心位置が一致する毎にレベルが変化する矩形波状のU相ないしW相の位置検出信号を得るようにするのが普通である。この場合、歯部201<sub>u</sub>～201<sub>w</sub>の先端の磁極部の中心位置に磁石界磁の各磁極の中心位置が一致する位置がそれぞれU相ないしW相の基準励磁相切替位置となり、各相の基準励磁相切替位置は、各相の位置検出器から得られる矩形波状の位置検出信号のレベルが変化する位置（矩形波信号の立上り位置及び立下がり位置）となる。

【0020】また各相の電機子コイルに駆動電流が流れた際に該電機子コイルに誘起する無負荷誘起電圧がピークに達する位置の前後60度の区間各相の電機子コイルに電流を流す120度スイッチング制御を行って電動機を回転させる場合には、歯部201<sub>u</sub>ないし201<sub>w</sub>の磁極部の中心位置からそれぞれ60度位相が進んだ位置にU相ないしW相の位置検出器6<sub>u</sub>～6<sub>w</sub>を配置して磁石界磁の磁極を検出することにより、歯部201<sub>u</sub>～201<sub>w</sub>の先端の磁極部の中心位置よりも電気角で30度遅れた位置に磁石界磁の各磁極の中心位置が一致する毎にレベルが変化する矩形波状のU相ないしW相の位置検出信号を得るようにするのが普通である。この場合、歯部201<sub>u</sub>～201<sub>w</sub>の先端の磁極部の中心位置よりも電気角で30度遅れた位置に磁石界磁の各磁極の中心位置が一致した状態になったときの位置が基準励磁相切替位置となり、各相の基準励磁相切替位置は、各相の位置検出器から得られる位置検出信号のレベルが変化する位置となる。

【0021】180度スイッチング制御または120度スイッチング制御を行ってブラシレス直流電動機を回転させる場合に上記のように位置検出器を配置して、各相の位置検出信号を得るようにした場合には、制御進み角を零とした場合、即ち、各相の位置検出信号のレベルが変化する基準励磁相切替位置（位置検出信号の立上り位置及び立下がり位置）で励磁される電機子コイルの相の組み合わせを所定の組み合わせに切り替えるようにインバータのスイッチ素子を制御することにより、起動時のトルクを最大にすることができる。しかしながら、常に上記のように位置センサの取り付け位置を設定しなければならぬわけではなく、基準励磁相切替位置をインバータ回路の制御にとって都合がよい位置に設定して、該基準励磁相切替位置で検出信号を発生させるように位置センサを取り付けるようにすることができる。

## 【0022】

【発明が解決しようとする課題】磁石回転子1'と固定子2とからなる図15に示した回転電機において、機関の始動時に電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>に図示のように電機子電流を流して、該回転電機をスタータモータとして動作させ、磁石回転子1'を図16の矢印CL方向（時計方向）に回転させると、電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>に流れる電機子電流により電機子反作用起磁力が生じ、該起磁力が永久磁石M1及びM2に作用する。

【0023】図16において、電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>のコイル導体の断面を示す丸印の内側に表示されたx印は電機子電流が図の紙面の表面側から裏面側に流れていることを示し、丸印の内側に示された黒丸印は電機子電流が図の紙面の裏面側から表面側に流れていることを示している。またB<sub>a</sub>は電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>に流れる電機子電流によりそれぞれのコイルから生じる電機子反作用起磁力の合成ベクトル（合成電機子反作用起磁力）を示している。磁石回転子の周方向の領域を180度（ $\pi$ ）のN極領域とS極領域とに分けて、図16のように電機子電流が流れた時の電機子反作用起磁力Bを示すと、図17のようになる。この電機子反作用起磁力は回転子磁極相互間の中間軸の位置で最大値F及び－Fをとる。

【0024】なお実際には、磁極間の部分では磁路の磁気抵抗が大きくなるため、電機子反作用起磁力が磁極間の中間軸の位置まで直線的に増加することではなく、回転子磁極相互間の中間軸付近で起磁力の落ち込みが生じるが、図17及び以下に示す同様の図においては、この磁気抵抗の影響を無視している。

【0025】機関が始動した後、図15の従来の内燃機関用スタータジェネレータを磁石発電機として運転した場合には、図19に示すように、電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>に電機子電流が流れ、各相の電機子コイルに流れる電機子電流により生じる電機子反作用起磁力が永久磁石M1及びM2に作用する。図19において、B<sub>a</sub>は発電機として運転した際に電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>に流れる電機子電流によりそれぞれのコイルから生じる電機子反作用起磁力の合成ベクトルを示している。図19のように合成電機子反作用起磁力が生じたときに、N極領域の各部を流れる磁束Bの大きさを概略的に示すと、図20のようになる。

【0026】図15に示したスタータジェネレータは、機関始動用の電動機としての機能を有していることが必要である。そのため、このスタータジェネレータでは、機関の始動時に電機子コイルに十分に大きな電機子電流を流して高トルクを発生させることを優先させてその巻線仕様を決めることが必要とされ、電機子コイルは低抵抗、低インダクタンスであることが必要とされる。このように構成された回転電機は、電動機として動作させた場合には、高いトルクを発生して機関始動用電動機とし

ての機能を果たすが、機関が始動した後磁石発電機として動作させた場合には、十分な発電出力を発生することが困難であり、機関の回転数が上昇しないとバッテリーを充電するために必要な出力を得ることができないという問題があった。即ち、機関始動用電動機として適する巻線仕様の回転電機を磁石発電機として運転した場合、その出力電流  $I$  対回転数  $N$  特性は図 14 の曲線 a のようになり、機関の低速領域では、バッテリーを充電するための出力を発生することができないだけでなく、機関の高速時には出力が過大になって、バッテリーが過充電されることになる。バッテリーを充電するために必要とされる発電機の特性は、図 14 の曲線 b のように、機関の低回転速度領域で出力が立上り、機関の高速時には出力が飽和して制限される特性である。図 14 の曲線 b のような特性を得るためには、電機子コイルの巻数を多くしてそのインダクタンスを高くする必要があるため、その巻線仕様は始動用電動機に必要とされる巻線仕様とは相容れないものとなる。

【0027】上記のように、始動用電動機とバッテリー充電用の磁石発電機とでは、それぞれに要求される特性を満足するために必要とされる巻線仕様が全く異なるため、磁石回転子と多相の電機子コイルとを有する 1 つの回転電機をブラシレス直流電動機とバッテリー充電用の磁石発電機とに兼用してスタータジェネレータとして用いるという考え方は、アイデアとしては成立しても、未だ実用の段階には至っていない。

【0028】本発明の目的は、機関の始動時に回転電機を始動用電動機として運転する際には、機関を始動するために必要な高いトルクを得ることができ、機関が始動した後、回転電機を磁石発電機として動作させる際には、機関の低速回転領域から高出力を得ることができるようにした内燃機関用スタータジェネレータを提供することにある。

【0029】

【課題を解決するための手段】本発明は、 $2m$  個 ( $m$  は 1 以上の整数) の回転子磁極を有する磁石界磁を備えた磁石回転子と、周方向に並ぶ多数の歯部を有する電機子鉄心と該電機子鉄心の歯部に巻回されて  $n$  相回路 ( $n$  は 2 以上の整数) を構成するように結線されたコイル群からなる  $n$  相の電機子コイルとを有して電機子鉄心の各歯部の先端に回転子磁極に対向する固定子磁極が形成された固定子とからなる回転電機と、該回転電機の電機子コイルに流す電流を制御するインバータ回路と、該インバータ回路を制御するインバータ制御装置とを備えて、内燃機関の始動時には回転電機を電動機として動作させて内燃機関を始動させる方向に磁石回転子を回転させ、内燃機関が始動した後は回転電機を磁石発電機として動作させて  $n$  相の電機子コイルの誘起電圧で全波整流回路を通してバッテリーに充電電流を流す内燃機関用スタータジェネレータに係わるものである。

【0030】本発明が対象とするスタータジェネレータにおいて用いられるインバータ回路は、 $n$  相ブリッジ接続された  $2n$  個のオンオフ制御が可能なスイッチ素子からなるスイッチ回路と  $2n$  個のスイッチ素子のそれぞれに逆並列接続された  $2n$  個のダイオードにより構成された  $n$  相ダイオードブリッジ全波整流回路とを備えたもので、全波整流回路の直流側の対の端子がバッテリーの両端に接続され、全波整流回路の交流側の  $n$  個の端子が  $n$  相の電機子コイルから引き出された  $n$  個の端子にそれぞれ接続される。

【0031】インバータ制御装置は、バッテリーからインバータ回路のスイッチ素子を通して  $n$  相の電機子コイルに所定の相順で転流する駆動電流を流すようにインバータ回路のスイッチ素子を制御する。

【0032】本発明においては、上記磁石回転子の磁石界磁が、所定の極弧角を有する  $2m$  個の円弧状永久磁石からなる主極と、該主極よりも極弧角が小さく、かつ主極を構成する永久磁石よりも透磁率が高い円弧状強磁性材料からなる  $2m$  個の補極とにより構成されていて、各主極の両側に補極が 1 つずつ対称に配置されるように主極と補極とが周方向に交互に配置される。

【0033】またインバータ制御装置は、上記回転電機を電動機として動作させる際、及び磁石発電機として動作させる際にそれぞれインバータを下記のように制御するように構成される。

【0034】即ち、回転電機を電動機として動作させる際には、磁石回転子の各主極と各主極よりも磁石回転子の回転方向の進み側に位置する隣接の 1 つの補極とを電動機用回転子磁極として、機関を始動させる方向に前記磁石回転子を回転させるべく、電動機用回転子磁極の幾何学的中心位置と各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置に設定された電動機用基準励磁相切替位置または該電動機用基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する電動機用励磁相切替位置で  $n$  相の電機子コイルの励磁相を切り換えつつバッテリーからインバータ回路を通して  $n$  相の電機子コイルに所定の相順で転流する駆動電流を流すようにインバータ回路のスイッチ素子を制御する。

【0035】また上記回転電機を磁石発電機として動作させる際には、磁石回転子の各主極と各主極よりも前記回転方向の遅れ側に位置する隣接の 1 つの補極とを 1 つの発電機用回転子磁極として、発電機用回転子磁極の幾何学的中心位置と各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置に設定された発電機用基準励磁相切替位置または該発電機用基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する発電機用励磁相切替位置で励磁相を切り替えつつバッテリーからインバータ回路を通して電機子コイルに所定の相順で転流する制

御電流を流すべく、インバータ回路のスイッチ素子を制御する。

【0036】上記インバータ制御装置は、電機子コイルの励磁相を切り換える回転子の回転角度位置を検出する位置検出装置と、該位置検出装置により検出されたタイミングに基づいてインバータ回路のスイッチ素子を制御するスイッチ制御装置とにより構成できる。

【0037】この場合位置検出装置は、回転電機を電動機として動作させる際には磁石回転子の各主極と各主極よりも磁石回転子の回転方向の進み側に位置する隣接の1つの補極とを電動機用回転子磁極として各電動機用回転子磁極の幾何学的中心位置と各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置を各相の電動機用基準励磁相切替位置として検出し、回転電機を磁石発電機として動作させる際には、磁石回転子の各主極と各主極よりも回転方向の遅れ側に位置する隣接の1つの補極とを1つの発電機用回転子磁極として各発電機用回転子磁極の幾何学的中心位置と各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが設定された関係になる位置を各相の発電機用基準励磁相切替位置として検出して、電動機用基準励磁相切替位置の情報を含む各相の電動機用位置検出信号及び発電機用基準励磁相切替位置の情報を含む各相の発電機用位置検出信号を発生する。

【0038】またスイッチ制御装置は、内燃機関を始動させる際には内燃機関を始動させる方向に磁石回転子を回転させるために必要な極性の駆動電流をバッテリーからインバータ回路の所定のスイッチ素子を通して電機子コイルに流すべく各相の電動機用位置検出信号により検出される電動機用基準励磁相切替位置または該基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する電動機用励磁相切替位置でインバータ回路の所定のスイッチ素子に駆動信号を与え、内燃機関が始動した後は、電機子コイルの出力電圧対出力電流特性を所期の特性とするべく、発電機用位置検出信号により検出される発電機用基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する発電機用励磁相切替位置でインバータ回路の所定のスイッチ素子に駆動信号を与える。

【0039】また上記インバータ制御装置は、磁石発電機として動作させる回転電機の出力を増大させる際には、各発電機用回転子磁極部の補極側の部分を通して流れる磁束を増加させるべく発電機用基準励磁相切替位置に対して遅れた位置を発電機用励磁相切替位置とし、磁石発電機として動作させる回転電機の出力を抑制する際には各発電機用回転子磁極部の補極側の部分を通して流れる磁束を減少させるべく発電機用基準励磁相切替位置に対して進んだ位置を発電機用励磁相切替位置とするように、回転電機により駆動する負荷の大小に応じて制御位相角を調整するように構成する。

【0040】上記位置検出装置は、磁石回転子とともに回転するように設けられて、電動機用回転子磁極部に対応する磁極を有するように着磁された位置検出用磁石と、位置検出用磁石の磁極を検出して各相の電動機用位置検出信号を発生する各相の磁気センサと、各相の磁気センサが発生した電動機用位置検出信号の位相を所定角度遅らせることにより各相の発電機用位置検出信号を得る発電機用位置検出信号発生手段とにより構成することができる。

【0041】上記位置検出装置はまた、磁石回転子とともに回転するように設けられて、発電機用回転子磁極に対応する磁極を有するように着磁された位置検出用磁石と、該位置検出用磁石の磁極を検出して各相の発電機用位置検出信号を発生する各相の磁気センサと、各相の磁気センサが発生した発電機用位置検出信号の位相を所定角度遅らせることにより各相の電動機用位置検出信号を得る電動機用位置検出信号発生手段とから構成することもできる。

【0042】上記位置検出装置はまた、磁石回転子とともに回転するように設けられて電動機用回転子磁極または各発電機用回転子磁極に対応する磁極を有するように着磁された位置検出用磁石と、位置検出用磁石の磁極を検出して各相の電動機用位置検出信号を発生する各相の電動機用磁気センサと、位置検出用磁石の磁極を検出して各相の発電機用位置検出信号を発生する各相の発電機用磁気センサとから構成することもできる。

【0043】本発明が適用されるスタータジェネータは、固定子の外側を磁石回転子が回転する回転子外転形（アウトロータ形）に構成されたものでもよく、固定子の内側を磁石回転子が回転する回転子内転形（インナロータ形）に構成されたものでもよい。

【0044】内燃機関には、一般にフライホイールが取り付けられるため、該フライホイールを利用して磁石回転子を構成すると機関をコンパクトに構成できる。この場合、周壁部と該周壁部の軸線方向の一端を閉じる底壁部と該底壁部の中央に設けられたボス部とを有してボス部が内燃機関の出力軸に取り付けられるカップ状のフライホイールを用いて、該フライホイールの周壁部の内周に主極及び補極を取り付けることにより磁石回転子を構成できる。

【0045】この場合、固定子は、環状の継鉄部から多数の歯部が放射状に突出した構造を有する多極星形電機子鉄心と該電機子鉄心の歯部に巻回されて $n$ 相回路（ $n$ は2以上の整数）を構成するように結線されたコイル群からなる $n$ 相の電機子コイルとにより構成されて磁石回転子の内側に配置される。

【0046】図15に示したような従来の回転電機をブラシレス直流電動機として動作させるために電機子電流を流すと、図17に示したように、電機子電流により生じる電機子反作用起磁力 $B$ により回転子磁極の進み側の

領域が増磁作用を受け、遅れ側の領域が減磁作用を受ける。このとき進み側で増える磁束の量と遅れ側で減少する磁束の量とは等しいため、電機子電流が変化しても回転子磁極全体を通して流れる磁束の量は変化しない。

【0047】これに対して、本発明のように、磁石界磁の各回転子磁極を磁石からなる主極と強磁性材料からなる補極とにより構成した場合、図7に示すように流れる電機子電流により、図8に示したように電機子反作用起磁力Bが生じ、この起磁力により、各主極よりも回転方向の進み側（前方側）に位置する補極が各主極と同じ極性に磁化される。

【0048】そのため、主極と補極とを交互に設けた回転電機を電動機として動作させた場合には、各主極と各主極より進み側に位置する隣接の補極とが同じ極性の回転子磁極として機能する。即ち、各主極と各主極より進み側に位置する隣接の補極とにより各回転子磁極が構成される。この場合、各回転子磁極から発生するもとの磁束の量は、磁石の量が減少している分、回転子磁極全体を永久磁石により構成したものに比べて少なくなるが、電機子反作用起磁力が生じると、補極を通して流れる磁束が増加するため、所定の条件を満たした時に回転子磁極全体を永久磁石により構成した場合に流れる磁束よりも多くの磁束が流れる。

【0049】また回転子磁極を主極と補極とにより構成した回転電機をブラシレス直流電動機として動作させる場合、 $n$ 相の電機子コイルの励磁相を切り換える励磁相切替位置により磁束量が変化する。この場合、各回転子磁極の幾何学的中心位置（周方向の中心位置、図8、図9に示した原点0の位置）が各相の電機子コイルが巻回された電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置（周方向の中心位置）に一致する位置を電動機用基準励磁相切替位置として、該基準励磁相切替位置と励磁相切替位置との間の角度（制御位相角） $\alpha$ （図9参照）を進み側に増加させると回転子磁極から生じる磁束量は全体として減少して（磁石界磁が減磁されて）電動機の出力トルクが低下する。また制御位相角 $\alpha$ を遅れ側に増加させると磁束量が増加して（磁石界磁が増磁されて）電動機の出力トルクが向上する。

【0050】従って、上記回転電機をブラシレス直流電動機として動作させる場合には、制御位相角 $\alpha$ を遅れ側に変化させてその大きさを適当に調整することにより、機関を始動させるために必要にして十分な出力トルクを得ることができ、機関を支障なく始動させることができる。

【0051】上記のように、補極を設けた回転電機をブラシレス直流電動機として動作させた場合、制御位相角を適当に設定することにより、回転子磁極全体を永久磁石により構成した同じ大きさのブラシレス直流電動機から得られる出力トルクよりも大きなトルクを得ることができるため、回転電機を特に大形にすることなく、内

機関始動用電動機としての機能を持たせることができる。

【0052】また上記回転電機の回転子の回転方向を変えることなく、該回転電機を磁石発電機として動作させた場合には図10に示すように、電機子電流が流れる方向が電動機として動作する場合（図7の場合）と逆になるため、図11に示すように電機子反作用起磁力Bが生じ、この起磁力により各主極よりも回転方向の遅れ側に位置する隣接の補極が各主極と同じ極性に着磁される。従って、内燃機関が始動した後、上記回転電機を磁石発電機として動作させる際には、各主極と各主極よりも回転方向の遅れ側に位置する隣接の補極とにより1つの回転子磁極が構成される。

【0053】この場合、各回転子磁極の周方向の中心位置（図11に示した原点0の位置）が各相の電機子コイルが巻回された電機子鉄心の歯部の周方向の中心位置に一致する位置を発電機用基準励磁相切替位置として、該発電機用基準励磁相切替位置と実際の励磁相切替位置との間の角度（制御位相角） $\alpha$ を回転方向に対して進み側に変化させると回転子磁極から生じる磁束量は全体として減少して（磁石界磁が減磁されて）磁石発電機の出力が減少する。また制御位相角 $\alpha$ を回転方向に対して遅れ側に変化させると磁束量が増加して（磁石界磁が増磁されて）磁石発電機の出力が増加する。

【0054】このように、磁石回転子に補極を設けた回転電機を磁石発電機として動作させる際に、基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角 $\alpha$ だけ進んだ位置を励磁相切替位置として、インバータ回路のスイッチ素子をオンオフ制御すると、バッテリーからインバータ回路を通して電機子コイルに流れる電流により生じる電機子反作用起磁力により、各回転子磁極を増磁して、磁石発電機の出力を増加させることができる。従って、上記回転電機が機関始動用電動機としての機能を果たすように、低抵抗、低インダクタンスを有するように電機子コイルが巻回されていても、該回転電機を磁石発電機として動作させる際には、該発電機から十分に大きな出力を発生させて、機関の低回転領域からバッテリーに充電電流を供給することができる。

【0055】なお、上記の説明では、回転子磁極の幾何学的中心位置と電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが一致する位置を基準励磁相切替位置としたが、必ずしもこのように基準励磁相切替位置を決める必要はなく、回転子磁極の幾何学的中心位置と電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置との間の関係が設定された関係になる位置を基準励磁相切替位置とすることができる。

【0056】ただし、制御を容易にするためには、電機子反作用起磁力により増磁作用を受ける領域と減磁作用を受ける領域との境界位置を基準励磁相切替位置として定めるのが好ましい。本発明で用いる回転電機のように

磁石界磁に高透磁率材料からなる補極が設けられている場合には、該補極の部分磁石の部分（主極部分）より多く電機子反作用起磁力の影響を受けるため、電機子反作用起磁力により増磁作用を受ける領域と減磁作用を受ける領域との境界位置は、回転子磁極の幾何学的中心位置と電機子鉄心の歯部の先端の固定子磁極の幾何学的中心位置とが一致する位置よりも補極側に寄った位置となる。

【0057】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係わるスタータジェネレータの構成を示したもので、同図において1は内燃機関のクランク軸に取り付けられたカップ状のフライホイール101と、フライホイール101に取り付けられた主極P1及びP2と補極Pa及びPbとを有して、主極と補極とをフライホイールの周方向に交互に並べた構成を有する磁石回転子であり、この磁石回転子1と固定子2とによりブラシレス直流電動機及び磁石発電機として動作する回転電機が構成されている。

【0058】フライホイール101は、周壁部101aと底壁部と該底壁部の中央に設けられたボス部101bとを有して、ボス部101bが機関のクランク軸に取り付けられる。

【0059】主極P1及びP2は円弧状に形成された極弧角が等しい永久磁石からなっており、これらの主極は、180度の角度間隔をもって配置されてフライホイールの周壁部101aの内周に接着などにより固定されている。主極P1及びP2をそれぞれ構成する永久磁石は、それぞれの内周側にN極及びS極が現れるようにそれぞれの磁化の方向を異ならせて回転子の径方向に着磁されている。

【0060】補極Paは、主極P1の回転方向（図示の矢印CL方向）の前端部と主極P2の回転方向の後端部との間のスペースの中央部に配置され、補極Pbは主極P1の回転方向の後端部と主極P2の回転方向の前端部との間のスペースの中央部に配置されている。補極Pa及びPbは、主極P1及びP2の対向方向に対して90度離れた位置に、互いに180度の角度間隔をもって配置されている。補極Pa及びPbは主極を構成する永久磁石よりも透磁率が高い強磁性材料からなっている。

【0061】本発明に係わるスタータジェネレータで用いる磁石回転子では、各主極の両側に補極が対称に配置されていて、各主極とその隣接の1つの補極とにより電動機用の回転子磁極または発電機用回転子磁極が構成される。

【0062】即ち、図1に示した回転電機を始動用電動機として動作させる際には、図7に示すように流れる電機子電流により、図8に示すように、電機子反作用起磁力Bが生じ、この起磁力により、各主極よりも回転方向の進み側（前方側）に位置する補極が各主極と同じ極性に磁化される。

【0063】そのため、回転電機を電動機として動作させた際には、各主極と各主極より進み側に位置する隣接の補極とが同じ極性の磁極として機能する。即ち、図2に示したように、主極P1と該主極P1よりも磁石回転子の回転方向の前方側（進み側）に位置する1つの補極Paとが1つの電動機用回転子磁極m11として働き、主極P2と該主極P2よりも磁石回転子の回転方向の進み側（前方側）に位置する1つの補極Pbとが、他の1つの電動機用回転子磁極m12として働く。

【0064】また内燃機関が始動した後、図示の回転電機を磁石発電機として動作させる際には、図10に示すように電機子電流が流れる方向が電動機として動作する場合（図7の場合）と逆になるため、図11に示すように電機子反作用起磁力Bが生じ、この起磁力により各主極よりも回転方向の遅れ側に位置する隣接の補極が各主極と同じ極性に着磁される。従って、上記回転電機を磁石発電機として動作させる際には、主極P1よりも磁石回転子の回転方向の遅れ側（後方側）に位置する1つの補極Pbが電機子反作用起磁力により主極P1と同極性に磁化されるため、これらの主極P1及び補極Pbが1つの発電機用回転子磁極m21として働く。また主極P2よりも磁石回転子の回転方向の遅れ側（後方側）に位置する1つの補極Paが電機子反作用起磁力により主極P2と同極性に磁化されるため、該主極P2及び補極Paが他の1つの発電機用回転子磁極m22として働く。

【0065】磁石回転子1とともに回転電機を構成する固定子2は、磁石回転子1の内側に配置されて機関のケース等に設けられた固定子取付け用台板に固定される。図示の固定子2は、環状の継鉄部201aから3つの歯部201u～201wを放射状に突出させた3極の電機子鉄心201と、3極の電機子鉄心201の歯部201u～201wにそれぞれ巻回された3相の電機子コイルLu～Lwとからなっている。

【0066】図1において3はインバータ回路で、このインバータ回路は、3相ブリッジ接続された6個のオンオフ制御が可能なスイッチ素子Qu～Qw及びQx～Qzからなるスイッチ回路と、3相ブリッジ接続された6個のダイオードDu～Dw及びDx～Dzからなるダイオードブリッジ全波整流回路とからなっている。

【0067】更に詳述すると、スイッチ回路は、一端が共通接続されたブリッジの上辺のスイッチ素子Qu～Qwと、一端が上辺のスイッチ素子Qu～Qwの他端にそれぞれ接続されて他端が共通接続されたブリッジの下辺のスイッチ素子Qx～Qzとからなっている。上辺のスイッチ素子Qu～Qwの他端と下辺のスイッチ素子Qx～Qzとのそれぞれの接続点がU相ないしW相の交流側端子3u～3wとなっており、U相ないしW相の交流側端子にそれぞれ3相星形結線されたU相ないしW相の電機子コイルLu～Lwの非中性点側の端子が接続されている。また上辺のスイッチ素子Qu～Qwの一端の共通

接続点及び下辺のスイッチ素子 $Q_x \sim Q_z$ の他端の共通接続点がそれぞれ正極側及び負極側の対の直流側端子 $3_p$ 及び $3_n$ となっていて、正極側直流端子 $3_p$ 及び負極側直流端子 $3_n$ 間にそれぞれバッテリー4と平滑用コンデンサ5とが並列に接続されている。バッテリー4には、内燃機関用点火装置や、ランプなどの図示しない負荷が接続される。

【0068】図示の例では、各スイッチ素子がMOSFETからなっていて、ブリッジの上辺のスイッチ素子 $Q_u \sim Q_w$ をそれぞれ構成するFETはそれぞれのドレインが共通接続されてバッテリー4の正極端子に接続されている。またブリッジの下辺のスイッチ素子 $Q_x \sim Q_z$ をそれぞれ構成するFETはそれぞれのドレインが上辺のスイッチ素子 $Q_u \sim Q_w$ を構成するFETのソースに接続されるとともに、それぞれのソースが共通接続されて、バッテリー4の負極端子に接続されている。バッテリー4の両端には平滑用コンデンサ5が接続されている。

【0069】フライホイール1のボス部101bの外周には、電動機用回転子磁極m11, m12にそれぞれ対応する磁極を有するように着磁された位置検出用磁石10が取り付けられている。図示の例では、位置検出用磁石10が半円弧状の2個の永久磁石10a及び10bからなっていて、これらの永久磁石は、それぞれの外周側にN極及びS極が現れるように、磁化の方向を異ならせてフライホイールの径方向に着磁され、磁石10a及び10bの着磁領域の中心位置がそれぞれ電動機用回転子磁極m11及びm12の中心位置に一致させられている。

【0070】電機子鉄心201の継鉄部201aの内周寄りの部分に、3相の電機子コイル $L_u \sim L_w$ のそれぞれに対応する位置検出器6u～6wが120度の角度間隔をもって取り付けられている。位置検出器6u～6wはホールICからなっていて、位置検出用磁石10の磁極を検出して、検出している磁極の極性に応じて異なるレベルをとる電圧信号を電動機用位置検出信号 $H_u \sim H_w$ として出力する。

【0071】この例では、内燃機関の始動時に、バッテリー4からインバータ回路3のスイッチ素子を通して3相の電機子コイルに駆動電流を流して発電機をブラシレス直流電動機として動作させる際に、各相の電機子コイルに流す駆動電流の通電角を電気角で180度とする180度スイッチング制御を行うものとする。そのため、図示の例では、180度スイッチング制御を行う場合の位置検出器の普通の配置の仕方に倣って、各相の位置検出器は、対応する相の電機子コイルが巻回された電機子鉄心の複数の歯部のうちのいずれか1つの歯部の先端の磁極の中心位置よりも電気角で90度位相が進んだ位置に配置されて、位置検出用磁石10の磁極の極性を検出することにより、各相の電機子コイルが巻かれた歯部の磁極部の中心位置に磁石界磁の各磁極の中心位置が一致した状態になる位置を各相の基準励磁相切替位置として検

出する。

【0072】位置検出器6u～6wがそれぞれ発生する電動機用位置検出信号 $H_u \sim H_w$ は、回転電機をブラシレス直流電動機として動作させる際の基準励磁相切替位置の情報を含む波形の信号であればよいが、位置検出器としてホールICを用いた場合、該ホールICは、検出している磁極の極性がN極のときとS極のときとで異なるレベルの信号を発生するので、位置検出信号の波形は矩形波状の波形になり、該矩形波状の位置検出信号の立上り位置及び立下がり位置がそれぞれ基準励磁相切替位置になる。

【0073】図1及び図2に示した状態は、位置検出器6uが位置検出用磁石10のN極の終端部（回転方向の後方側に位置する端部）を検出してその出力信号のレベルを変化させる瞬間を示している。この信号のレベル変化により、U相の電機子コイル $L_u$ が巻かれた歯部201uの磁極部の中心位置に磁石界磁の磁極m11の中心位置が一致した状態になったこと（回転子の回転角度位置が回転電機を電動機として動作させる際のU相の基準励磁相切替位置に一致したこと）を検出する。

【0074】7はマイクロコンピュータや論理回路などを用いて構成されるスイッチ制御装置で、このスイッチ制御装置は、位置検出器6u～6wがそれぞれ出力する位置検出信号 $H_u \sim H_w$ が入力される入力端子と、スイッチ素子 $Q_u \sim Q_w$ 及び $Q_x \sim Q_z$ のそれぞれの制御端子（図示の例ではMOSFETのゲート）に与える駆動信号 $S_u \sim S_w$ 及び $S_x \sim S_z$ を出力する出力端子とを有していて、内燃機関の始動時に内燃機関を始動させる方向に磁石回転子1を回転させるために必要な極性の駆動電流をバッテリー4からインバータ回路3を通して電機子コイル $L_u \sim L_w$ に流すべく、位置検出器6u～6wにより3相の電機子コイル $L_u \sim L_w$ に対して検出された基準励磁相位置を基にして決定した励磁相切替位置でインバータ回路3のスイッチ回路の所定のMOSFET（スイッチ素子）に駆動信号を与える。

【0075】また図示の例では、位置検出器6u～6wがそれぞれ位置検出信号 $H_u \sim H_w$ を発生したときに計時動作を開始するU相ないしW相用の位置検出信号発生用タイマ11u～11wが設けられていて、U相ないしW相用の位置検出信号発生用タイマ11u～11wが電動機用回転子磁極m11及びm12と発電機用回転子磁極m21及びm22との間の位相差 $\theta$ （図2参照）に相当する時間（回転子の回転速度により異なる）を計時したときにそれぞれU相ないしW相の発電機用位置検出信号 $h_u \sim h_w$ を発生するようになっている。各相の発電機用位置検出信号は、磁石回転子1の各主極と各主極よりも磁石回転子の回転方向の後方側に配置された隣接の補極とからなる各発電機用回転子磁極の中心位置と、各相の電機子コイルが巻回されている電機子鉄心の歯部の先端の磁極部の中心位置とが一致した状態になる各相の発電機用

基準励磁相切替位置の情報を含む信号である。

【0076】この例では、U相ないしW相用の位置検出信号発生用タイマ11u~11wにより、3相の位置検出器6u~6wが発生した電動機用位置検出信号の位相を所定角遅らせることにより各相の発電機用位置検出信号を得る発電機用位置検出信号発生手段が構成され、この発電機用位置検出信号発生手段と、位置検出用磁石10a, 10bと、位置検出器6u~6wとにより位置検出装置が構成されている。

【0077】図1及び図2のように3相の位置検出器6u~6wがそれぞれU相ないしW相の電機子コイルが巻回された歯部Pu~Pwの磁極部の中心位置に対して電気角で90度進んだ位置に取り付けられている場合、位置検出器がN極を検出したときに高レベルの信号を出力するものとする、位置検出器6u~6wがそれぞれ発生する電動機用位置検出信号Hu~Hwの波形は、図5の(A)~(C)のように電気角で120度の位相差をもって順次発生する矩形波状の波形になる。電動機用位置検出信号Hu~Hwのそれぞれの立上り位置及び立下がり位置がそれぞれ、回転電機を始動用電動機(ブラシレス直流電動機)として運転する際のU相ないしW相の基準励磁相切替位置となる。

【0078】この例では、スイッチ回路を構成する各スイッチ素子を電気角で180度の期間オン状態にし、残りの180度の期間をオフ状態にするように各スイッチ素子のオンオフ制御(180度スイッチング制御)を行わせる。この場合、例えば図5(D)ないし(I)のように、スイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzの基準のスイッチングパターンを定める。

【0079】図5(D)ないし(I)はスイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzにそれぞれ与えられる駆動信号Su~Sw及びSx~Szの波形で示したもので、図5(D)ないし(I)にそれぞれ示された高レベルの矩形波信号が駆動信号Su~Sw及びSx~Szである。これらの駆動信号Su~Sw及びSx~Szが発生している期間がそれぞれスイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzの駆動期間であり、駆動信号Su~Sw及びSx~Szが発生していない期間がスイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzの非駆動期間である。

【0080】図5に示した180度スイッチング制御の基準スイッチパターンにおいては、U相ないしW相の電機子コイルLuないしLwに対してそれぞれ磁石回転子の回転角度位置を検出する位置検出器6uないし6wから得られる位置検出信号HuないしHwがそれぞれ高レベルになっている期間(それぞれの位置検出器が磁石界磁の一方の磁極を検出している期間)をブリッジの上辺の対応するスイッチ素子QuないしQwの非駆動期間とし、位置検出信号HuないしHwがそれぞれ低レベルになっている期間をブリッジの上辺の対応するスイッチ素子QuないしQwの駆動期間とする。またスイッチ回路

のブリッジの上辺のスイッチ素子QuないしQwのそれぞれの非駆動期間(位置検出器6uないし6wがそれぞれ磁石界磁の他方の磁極を検出している期間)をブリッジの下辺の対応するスイッチ素子QxないしQzの駆動期間とし、ブリッジの上辺のスイッチ素子QuないしQwの駆動期間をそれぞれブリッジの下辺の対応するスイッチ素子QxないしQzの非駆動期間とする。

【0081】図5(D)ないし(I)に示したような基準スイッチパターンでスイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzをオンオフさせると、磁石回転子の回転により電機子コイルLu~Lwに誘起させられる電圧(発電機としての誘起電圧)と同位相の交流電圧がバッテリー4からスイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzにより構成されたスイッチ回路を通して電機子コイルLu~Lwに印加される。

【0082】図1に示したスタータジェネレータでは、内燃機関の始動時に、スイッチ制御装置7が、所定の基準励磁相切替位置または該基準励磁相切替位置に対して制御位相角 $\alpha$ を有する所定の励磁相切替位置でインバータ回路3のスイッチ素子Qu~Qw及びQx~Qzにそれぞれ駆動信号Su~Sw及びSx~Szを与えて、電機子コイルLu~Lwに所定の相順で駆流する駆動電流を流す。これにより磁石発電機をブラシレス直流電動機として動作させて磁石回転子1を回転させ、機関の出力軸を始動方向に回転させる。

【0083】内燃機関が始動した後は、回転電機を磁石発電機として運転して、該発電機から得られる出力によりバッテリー4を充電する。回転電機を磁石発電機として動作させる際には、電機子コイルの出力電圧対出力電流特性を所期の特性とするべく、位置検出装置により検出された発電機用の基準励磁相切替位置または該基準励磁相切替位置に対して所定の制御位相角を有する発電機用の励磁相切替位置でインバータ回路3の所定のスイッチ素子に駆動信号を与えることにより、バッテリー4側から電機子コイルLu~Lwに制御電流を流し、この制御電流により生じる制御用起磁力によって、電機子コイルLu~Lwに鎖交する磁束の量を増加または減少させることにより、発電機の出力を調整する。

【0084】ここで、本発明の原理の理解を容易にするため、磁石界磁を備えた回転電機の電機子反作用について説明する。

【0085】図15に示された従来のスタータジェネレータにおいて、基準励磁相切替位置で電機子コイルの励磁相を切り替えながら電機子電流を流すことにより回転電機をブラシレス直流電動機として動作させた場合、電機子電流により、図17に示すように電機子反作用起磁力Bが生じる。この起磁力Bは回転子磁極の極間の中間軸の位置で最大値-F及びFをとる。この電機子反作用起磁力により、回転子磁極の回転方向の進み側の半部では増磁作用が生じ、遅れ側の半部では減磁作用が生じ

る。ここで、回転子磁極の周方向の中心を原点0にとり、回転子磁極の回転方向の遅れ側の端部位置及び進み

$$B1 = \{ \theta 1 / (\pi / 2) \} F \times (1/2) = \theta 1 F / \pi \quad \dots (1)$$

また減磁側の電機子反作用平均起磁力B2は、

$$B2 = \{ -\theta 1 / (\pi / 2) \} F \times (1/2) = -\theta 1 F / \pi \quad \dots (2)$$

で与えられる。ここで回転子磁極を構成する磁石から生じる全磁束を $\Phi$ 、磁石のパーミアンスを $P_m$ とすると、

回転子磁極の増磁作用を受ける半部を流れる磁束 $\Phi 1$ 及

$$\Phi 1 = (\Phi / 2) + (P_m / 2) (\theta 1 F / \pi) \quad \dots (3)$$

$$\Phi 2 = (\Phi / 2) - (P_m / 2) (\theta 1 F / \pi) \quad \dots (4)$$

(3)式及び(4)式より、回転子磁極を通して流れる全磁束 $\Phi_o$ は、 $\Phi_o = \Phi 1 + \Phi 2 = \Phi$ となり、回転子磁極全体の磁束量は変化しない。即ち、回転子磁極全体が永久磁石からなる磁石界磁を備えた回転電機では、電機子反作用起磁力による増磁分と減磁分とがバランスするため、電機子電流が流れても回転子磁極を通して流れる磁束の総量は変化しない。

【0086】これに対し、図1に示したように補極を備えた回転電機をブラシレス直流電動機として動作させた

$$\{ \theta 3 / (\pi / 2) \} F \times (1/2) = \theta 3 F / \pi \quad \dots (5)$$

また磁石の増磁作用を受ける部分のパーミアンスは、

$$(P_m / 2) \times (\theta 3 / \theta 1) \quad \dots (6)$$

磁石の増磁側の部分を通して流れる磁束は、

$$(P_m / 2) (\theta 3 / \theta 1) \times (\theta 3 / \pi) F \quad \dots (7)$$

となり、補極に作用する電機子反作用平均起磁力は、

$$\begin{aligned} & [ \{ (\theta 1 + \theta 2) / 2 \} / (\pi / 2) ] F (1/2) \\ & = (\theta 1 + \theta 2) F / 2 \pi \quad \dots (8) \end{aligned}$$

となる。ここで補極のパーミアンスを $P_H$ とすると、電

$$P_H \{ (\theta 1 + \theta 2) / 2 \pi \} F$$

また磁石の増磁作用を受ける部分を流れる磁束は、回転子磁極全体を磁石により構成した場合に該磁石から生じ

$$(\Phi / 2) \times (\theta 3 / \theta 1)$$

で与えられる。

【0088】(7)式、(9)式及び(10)式を加え

$$\begin{aligned} \Phi 1 & = (\Phi / 2) \times (\theta 3 / \theta 1) \\ & + (P_m / 2) (\theta 3 / \theta 1) \times (\theta 3 / \pi) F \\ & + (\theta 1 + \theta 2) F / 2 \pi \quad \dots (11) \end{aligned}$$

また回転子磁極の電機子反作用起磁力により減磁作用を

$$\Phi 2 = (\Phi / 2) - (P_m / 2) (\theta 1 / \pi) F \quad \dots (12)$$

(11)式及び(12)式から回転子磁極を通して流れ

$$\begin{aligned} \Phi_o & = \Phi 1 + \Phi 2 \\ & = \Phi (\theta 1 + \theta 3) / (2 \theta 1) \\ & - P_m (\theta 1 + \theta 3) / (2 \theta 1) (F / \pi) (\theta 1 - \theta 3) \\ & + P_H (F / \pi) \{ (\theta 1 + \theta 2) / 2 \} \quad \dots (13) \end{aligned}$$

(13)式の第1項及び第2項の部分は、図6の直線aのように、電機子電流が大きくなるに従って小さくなっていくが、第3項は、図6の曲線bのように電機子電流の増加に伴って大きくなっていく。回転子磁極全体を通して流れる磁束は図6の曲線cのようになる。回転子磁

側の端部位置をそれぞれ $-\theta 1$ 及び $\theta 1$ とすると、増磁側の電機子反作用平均起磁力B1は、

び減磁作用を受ける半部を流れる磁束 $\Phi 2$ は下記の式により与えられる。

場合には、図8及び図12に示すように電機子反作用起磁力Bが生じ、各主極よりも進み側に位置する補極が各主極と同極性に磁化される。このように、回転子磁極の一部を補極により構成した場合、回転子磁極の周方向の中心から主極の補極側の端部までの角度を $\theta 3$ 、補極の主極側の端部までの角度を $\theta 2$ とすると、磁石の増磁側部分に作用する電機子反作用平均起磁力は下記の(5)式のようにになる。

【0087】

電機子反作用起磁力により補極を通して流れる磁束は、

る磁束を $\Phi$ とすると、

て、回転子磁極の増磁作用を受ける半部を通して流れる

磁束 $\Phi 1$ を求めると、

受ける部分を通して流れる磁束 $\Phi 2$ は、

る全磁束 $\Phi_o$ を求めると、

極の一部を補極により構成した場合には、磁石の容積が小さくなるため、回転子磁極全体を流れる磁束の量は少ない[回転子磁極全体を磁石により形成した場合の $(\theta 1 + \theta 3) / (2 \theta 1)$ 倍]が、(13)式の第2項と第3項との和が $\Phi \times (\theta 1 - \theta 3) / (2 \theta 1)$ 以上に

なると、回転子磁極全体を磁石により構成した場合に磁石から生じる磁束Φよりも多くの磁束が流れるようになる。これは、電機子反作用起磁力により、補極の部分を通して磁束が流れ易いことによる。なお図6の縦軸の磁束量は、電機子電流が零の場合の磁束量に対する比率として示してある。

$$\Phi_1 = \Phi \times (\theta_1 - \alpha) / (2\theta_1) + \{P_m (\theta_1 - \alpha) / (2\theta_1)\} \times \{(\theta_1 - \alpha) / \pi\} F \quad \dots (14)$$

また回転子磁極の減磁側の部分を通して流れる磁束の量Φ<sub>2</sub>は、下記の式で与えられる。

$$\Phi_2 = \Phi \times (\theta_1 + \alpha) / (2\theta_1) - \{P_m (\theta_1 + \alpha) / (2\theta_1)\} \times \{(\theta_1 + \alpha) / \pi\} F \quad \dots (15)$$

従って、全磁束Φ<sub>A</sub>は、

$$\Phi_A = \Phi_1 + \Phi_2 = \Phi - P_m F (2\alpha / \pi) \quad \dots (16)$$

制御位相角αが正の場合（励磁相切替位置を基準励磁相切替位置よりも進ませた場合）、(16)式の第2項は減磁量として働く。また制御位相角αを負とした場合（励磁相切替位置を基準励磁相切替位置よりも遅らせた場合）、(16)式の第2項は増磁量として働く。従って、ブラシレス直流電動機では、制御位相角を進めると出力トルクが低くなり、制御位相角を遅らせると出力トルクが高くなる。

$$\{P_m (\theta_3 - \alpha) / (2\theta_1)\} \{F / (\pi/2)\} \{(\theta_3 - \alpha) / 2\} = P_m \{(\theta_3 - \alpha) / (2\theta_1)\} \{(\theta_3 - \alpha) / \pi\} F \quad \dots (17)$$

また磁石の減磁作用を受ける部分を通して流れる磁束は 下記の式で与えられる。

$$\{P_m (\theta_1 + \alpha) / (2\theta_1)\} \{F / (\pi/2)\} \{(\theta_1 + \alpha) / 2\} = P_m \{(\theta_1 + \alpha) / (2\theta_1)\} \{(\theta_1 + \alpha) / \pi\} F \quad \dots (18)$$

従って、回転子磁極全体を通して流れる磁束Φ<sub>A</sub>は、

$$\Phi_A = \{\Phi (\theta_1 + \theta_3) / (2\theta_1)\} - P_m \{(\theta_1 + \theta_3) / (2\theta_1)\} (F / \pi) (\theta_1 - \theta_3 + 2\alpha) + P_H (F / \pi) [\{(\theta_1 + \theta_2) / 2\} - \alpha] \quad \dots (19)$$

(19)式において、制御位相角αを正とすると（励磁相切替位置を基準励磁相切替位置よりも進ませると）、制御位相角αに係わる項は減磁量として働き、電機子電流の増大に伴って回転子磁極を通して流れる磁束の量が減少する。

【0093】また(19)式において制御位相角αを負とすると（励磁相切替位置を基準励磁相切替位置に対して遅らせると）、(19)式の制御位相角αに係わる項が増磁量として働き、電機子電流の増大に伴って回転子磁極を通して流れる磁束の量が増加する。

$$\Phi_A = \{\Phi \times (\theta_1 + \theta_3) / (2\theta_1)\} - \{P_m (\theta_1 + \theta_3) / (2\theta_1)\} (FG / \pi) (\theta_1 - \theta_3) + P_H (FG / \pi) \{(\theta_1 + \theta_2) / 2\} \quad \dots (20)$$

本発明においては、このように回転電機を磁石発電機として動作させる際に、インバータ回路3を制御することにより、バッテリー4側からインバータ回路3を通して電機子コイルL<sub>u</sub>～L<sub>w</sub>に制御電流を流して、該制御電流

【0089】次に、図15に示した、補極を持たない回転電機をブラシレス直流電動機として動作させる場合に、図18に示すように、励磁相切替位置を基準励磁相切替位置から制御位相角αだけ進ませた場合を考える。このとき回転子磁極の増磁側の部分を通して流れる磁束の量Φ<sub>1</sub>は、

【0090】

【0091】次に本発明で用いる回転電機のように、回転子磁極の一部を補極で置き換えた場合に、図9に示すように励磁相切替位置を基準励磁相切替位置よりも制御位相角αだけ進ませた場合を考える。このとき、磁石の増磁作用を受ける部分を通して流れる磁束は、下記の式で与えられる。

【0092】

【0094】補極が設けられた回転電機を磁石発電機として動作させた場合には、電機子電流の向きが電動機の場合とは逆になるため、電機子反作用起磁力B<sub>c</sub>は図11及び図13(B)に示すようになって、各主極よりも遅れ側に位置する補極が各主極と同極性に磁化され、各主極と各主極より遅れ側に位置する補極とが1つの回転子磁極として働く。このとき回転子磁極を通して流れる全磁束Φ<sub>A</sub>は、下記の式で与えられる。

【0095】

により図13(C)に示すように制御用起磁力B<sub>c</sub>を発生させる。このように回転電機を発電機として動作させる際に、バッテリーから電機子コイルに制御電流を流して制御用起磁力B<sub>c</sub>を発生させるようにすると、該制御用

起磁力 $B_c$ を発生させる位相により、回転子磁極を通して流れる磁束の量を制御して発電機の出力特性を調整することができる。

【0096】即ち、回転電機を磁石発電機として動作させる際に、図13(C)に示すように制御位相角 $\alpha$ を負として、回転子磁極の幾何学的中心位置(基準励磁相切替位置)よりも所定の位相角 $\alpha$ だけ補極寄りの(遅れ側の)位置で電機子コイルの励磁相を切り換えてバッテリーから電機子コイルに制御電流を流すようにインバータ回路3を制御すると、制御用起磁力による増減磁は、図15に示した磁石発電機と同様にバランスした状態になり、バッテリー4から電機子電流に流す制御電流の増減によっても発電機出力が変化しない中立状態になる。このように中立状態が得られる励磁相切替位置が回転子磁極の幾何学的中立位置よりも遅れ側に位置するのは、補極部分の方が主極部分よりも電機子反作用の影響を受けやすいことによる。

【0097】また制御電流を流す際の励磁相切替位置を上記中立状態が得られる位置より遅らせると、制御用起磁力により補極部分を通して流れる磁束の量が増加するため、回転子磁極を通して流れる磁束の総量を増加させて、発電機出力を増加させることができる。また制御電流を流す際の励磁相切替位置を上記中立状態が得られる位置より進ませると、制御用起磁力により補極部分を通して流れる磁束の量が減少するため、発電機出力を抑制することができる。

【0098】従って、内燃機関が始動した後、回転電機を磁石発電機として動作させる際に、制御位相角を遅れ側に設定することにより、磁石発電機の出力を増加させて、機関の低速回転領域からバッテリーの充電を開始させることができる。また機関の高速回転時には、制御位相角を進み側に設定することにより、発電機の出力を抑制して、バッテリーの過充電を防ぐことができる。

【0099】なお補極が設けられていない場合でも、制御用起磁力を生じさせることにより発電機出力を調整できるが、補極が設けられている場合には、制御用起磁力により該補極の部分を通してより多くの磁束を流すことができるため、制御電流の変化分に対する発電機出力の制御量を多くして、発電機出力の制御を容易にすることができる。

【0100】上記のように、本発明によれば、始動用電動機及び磁石発電機として動作させる回転電機として補極を備えた構造のものをを用いて、始動の際には、電機子反作用による増磁効果を活かすことにより高トルクを発生させて機関の始動を容易にし、また機関が始動した後、回転電機を磁石発電機として動作させる際には、バッテリーからインバータ回路を通して電機子コイルに制御電流を流すことにより発電機出力を大幅に増加させて、機関の低速回転領域からバッテリーの充電を開始させることができる。また機関の高速時には、制御電流の位相角

を調整することにより発電機出力を抑制してバッテリーの過充電が生じるのを防ぐことができる。

【0101】図3は本発明に係わるスタータジェネレータの他の構成例を示し、図4は図3のスタータジェネレータの本体部分の構成を示している。この例では、電機子鉄心201の内周部に、位置検出用磁石10の磁極を検出してU相、V相及びW相の電動機用位置検出信号 $H_u$ 、 $H_v$ 及び $H_w$ をそれぞれ発生するU相ないしW相の電動機用位置検出器6u、6v及び6wと、位置検出用磁石10の磁極を検出してU相ないしW相の発電機用位置検出信号 $h_u$ 、 $h_v$ 及び $h_w$ を発生するU相ないしW相の発電機用位置検出器8u、8v及び8wとが取り付けられ、電動機用位置検出信号 $H_u \sim H_w$ 及び発電機用位置検出信号 $h_u \sim h_w$ がスイッチ制御装置7に入力されている。その他の点は図1に示したスタータジェネレータと同様である。発電機用位置検出器8u $\sim$ 8wはそれぞれ、電動機用回転子磁極m11及びm12と発電機用回転子磁極m21及びm22との間の位相差 $\theta$ だけ、電動機用位置検出器6u $\sim$ 6wよりも遅れた位置(磁石回転子の回転方向の前方側)に配置されている。

【0102】図1に示した例では、電動機用位置検出器6u $\sim$ 6wから得られた電動機用位置検出信号を基にしてタイマにより発電機用位置検出信号を得るようにしたが、図3に示した例では、電動機用位置検出器6u $\sim$ 6w及び発電機用位置検出器8u $\sim$ 8wからそれぞれ直接電動機用位置検出信号及び発電機用位置検出信号を得ることができるため、発電機の出力を制御する場合に磁石回転子の位置を遅滞なく検出して発電機出力の制御を高精度で行うことができる。

【0103】上記の例では、電機子コイルが3相回路を構成するように結線されているが、本発明は、一般に電機子コイルをn相(nは2以上の整数)の回路を構成するように結線する場合に適用することができる。電機子コイルをn相に結線する場合には、電機子鉄心の歯部の数を $n \times m$ (mは1以上の整数)とし、磁石回転子の磁石界磁の極数は $2 \times m$ とする。

【0104】上記の例では、インバータ回路3の整流回路部分を構成するためにダイオードDu $\sim$ Dw及びDx $\sim$ Dzを設けているが、これらのダイオードとしては、MOSFETの構造上そのドレインソース間に形成される寄生ダイオードを用いることもできる。

【0105】またインバータ回路3のスイッチ回路を構成するスイッチ素子はMOSFETに限られるものではなく、トランジスタやIGBT(絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ)などのオンオフ制御が可能な他のスイッチ素子を用いることもできる。

【0106】上記の例では、各相の電機子コイルに駆動電流が流れた際に該電機子コイルに誘起する無負荷誘起電圧がピークに達する位置(各相の電機子コイルが巻回された歯部を流れる磁束が零点を通過する位置)の前後

90度（電気角）の区間各相の電機子コイルに電流を流す180度スイッチング制御を行うことにより、機関を始動する際にジェネレータをブラシレス直流電動機として運転するようにしたが、本発明は、このように180度スイッチング制御を行う場合に限定されるものではなく、例えば、各相の電機子コイルに駆動電流が流れた際に該電機子コイルに誘起する無負荷誘起電圧がピークに達する位置の前後60度（電気角）の区間各相の電機子コイルに電流を流す120度スイッチング制御を行うことにより、電動機としての動作を行わせるようにしてもよい。

#### 【0107】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、始動用電動機及び磁石発電機として動作させる回転電機として補極を備えた構造のものを用いて、始動の際には、電機子反作用による増磁効果を活かすことにより高トルクを発生させて機関の始動を容易にし、また機関が始動した後、回転電機を磁石発電機として動作させる際には、バッテリーからインバータ回路を通して電機子コイルに制御電流を流すことにより発電機出力を大幅に増加させることができる。また機関の高速時には、制御電流の位相角を調整することにより、発電機出力を抑制してバッテリーの過充電が生じるのを防ぐことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わるスタータジェネレータの構成例を示した構成図である。

【図2】図1のスタータジェネレータの要部の構成を示す拡大正面図である。

【図3】本発明に係わるスタータジェネレータの他の構成例を示した構成図である。

【図4】図3のスタータジェネレータの要部の構成を示した拡大正面図である。

【図5】図1のスタータジェネレータの各部の信号波形を示した波形図である。

【図6】図1のスタータジェネレータの回転子磁極を流れる磁束と電機子電流との関係を説明するための線図である。

【図7】図1のスタータジェネレータを電動機として運転した際に流れる電機子電流により電機子反作用起磁力が生じる様子を示した説明図である。

【図8】図1のスタータジェネレータをブラシレス直流電動機として運転した際に生じる電機子反作用起磁力と磁石回転子の界磁との関係を説明するための説明図である。

【図9】図1のスタータジェネレータを所定の制御位相

角をもたせて励磁相を切り替えつつブラシレス直流電動機として動作させた際に生じる電機子反作用起磁力と磁石回転子の界磁との関係を説明するための説明図である。

【図10】図1のスタータジェネレータを磁石発電機として運転した際に流れる電機子電流により電機子反作用起磁力が生じる様子を示した説明図である。

【図11】図1のスタータジェネレータを磁石発電機として運転した際に生じる電機子反作用起磁力と回転子の界磁との関係を説明するための説明図である。

【図12】図1のスタータジェネレータを電動機として運転した際に生じる電機子反作用起磁力と回転子磁極との関係を示した線図である。

【図13】図1のスタータジェネレータを発電機として動作させた際に生じる電機子反作用起磁力と制御用起磁力とを示した線図である。

【図14】内燃機関始動用電動機を発電機として動作させた場合に得られる出力対回転数特性及びバッテリー充電用発電機として要求される出力対回転数特性を示した線図である。

【図15】従来のスタータジェネレータの構成を示した構成図である。

【図16】図15のスタータジェネレータを電動機として運転した際に流れる電機子電流により電機子反作用起磁力が生じる様子を示した説明図である。

【図17】図15のスタータジェネレータを電動機として運転した際に生じる電機子反作用起磁力と回転子の界磁との関係を説明するための説明図である。

【図18】図15のスタータジェネレータを所定の制御位相角を持たせて励磁相を切替ながら電動機として駆動した際に生じる電機子反作用起磁力と回転子の界磁との関係を説明するための説明図である。

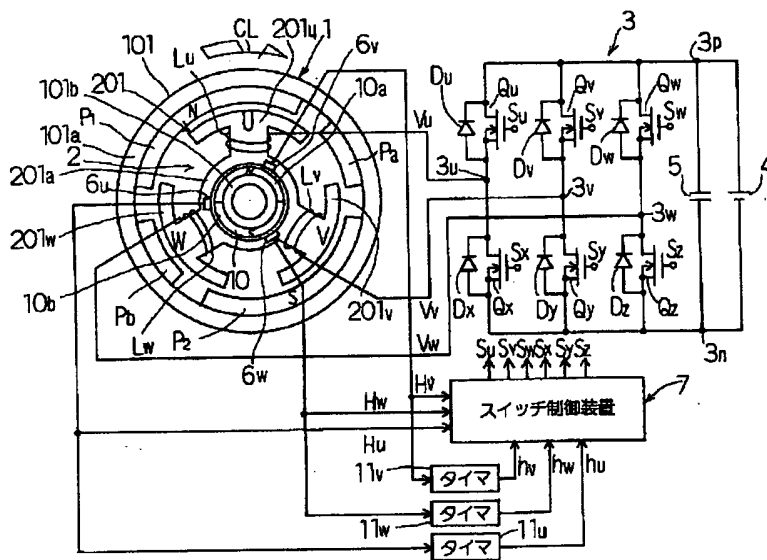
【図19】図15のスタータジェネレータを発電機として運転した際に流れる電機子電流により電機子反作用起磁力が生じる様子を示した説明図である。

【図20】図15のスタータジェネレータを発電機として運転した際に生じる電機子反作用起磁力と回転子の界磁との関係を説明するための説明図である。

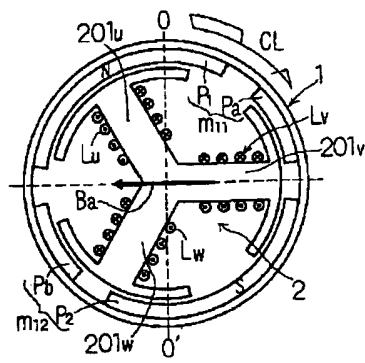
#### 【符号の説明】

1…磁石回転子、101…フライホイール、2…固定子、201…電機子鉄心、6u~6w…位置検出器、7…スイッチ制御装置、8u~8w…位置検出器、P1、P2…永久磁石からなる主極、Pa、Pb…永久磁石よりも透磁率が高い強磁性材料からなる補極、Lu~Lw…電機子コイル、Hu~Hw…電動機用位置検出信号、hu~hw…発電機用位置検出信号。

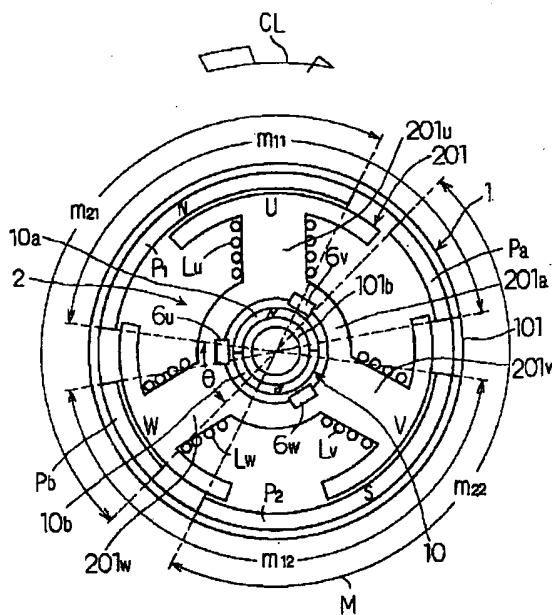
【図 1】



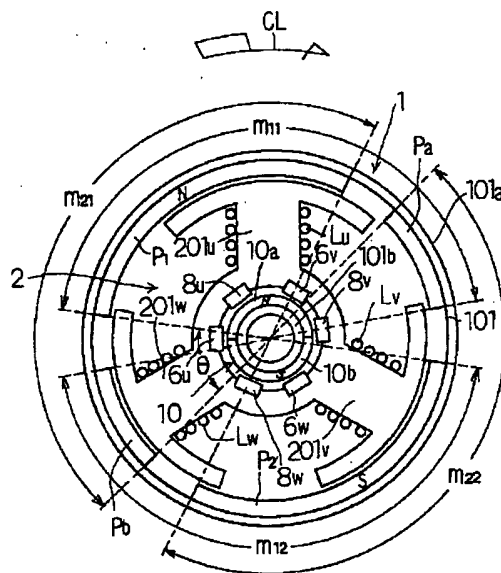
【図 7】



【図 2】

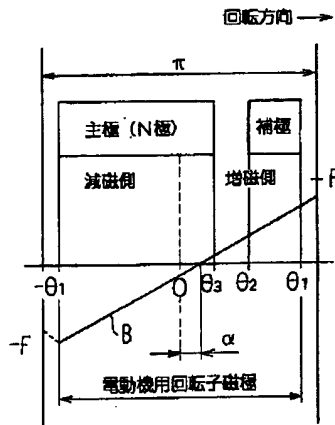


【図 4】

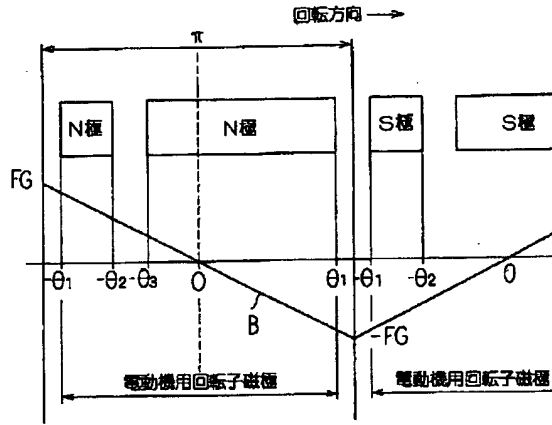




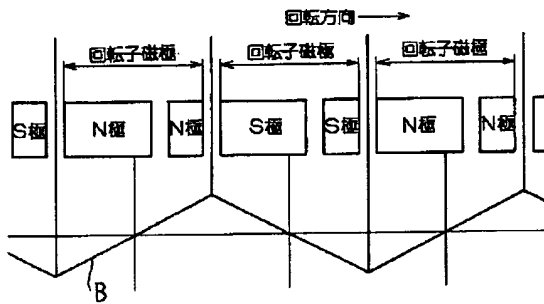
【図 9】



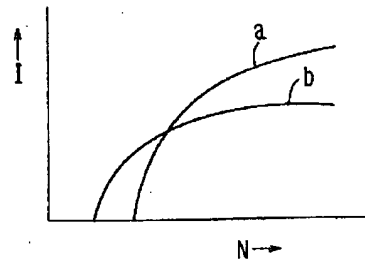
【図 11】



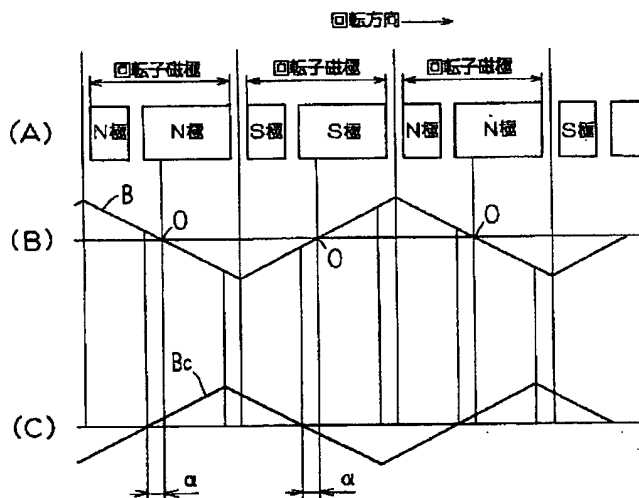
【図 12】



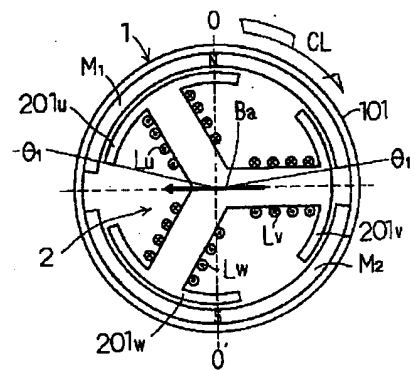
【図 14】



【図 13】

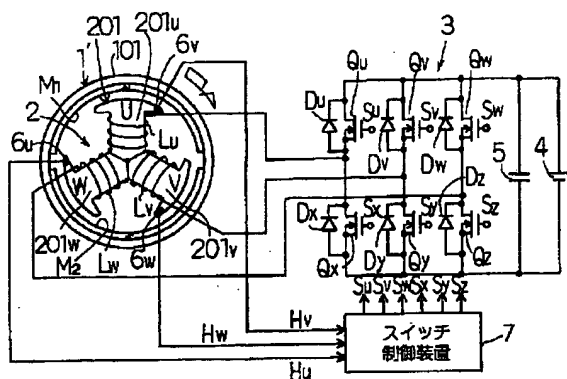


【図 16】



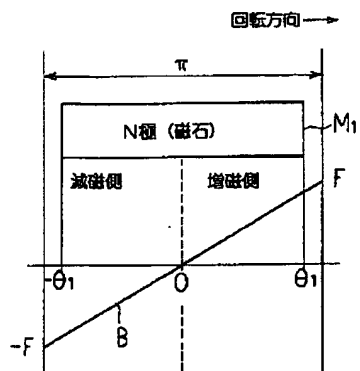
【図15】

【図17】



【図18】

【図19】



【図20】

